

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
1. März 2001 (01.03.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/14831 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G01C 19/56**
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE00/02829**
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
19. August 2000 (19.08.2000)
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität:  
199 39 998.0 24. August 1999 (24.08.1999) DE
- (71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): **ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 3002 20, 70442 Stuttgart (DE).**
- (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **FUNK, Karsten [DE/US]; Miranda 4009, Palo Alto, CA 9430 (US). NEUL, Reinhard [DE/DE]; Pilsener Strasse 21, 70567 Stuttgart (DE). LORENZ, Gunnar [DE/DE]; Vesouler Strasse 38, 70839 Gerlingen (DE).**
- (81) Bestimmungsstaaten (*national*): **JP, US.**
- (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): **europeisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).**

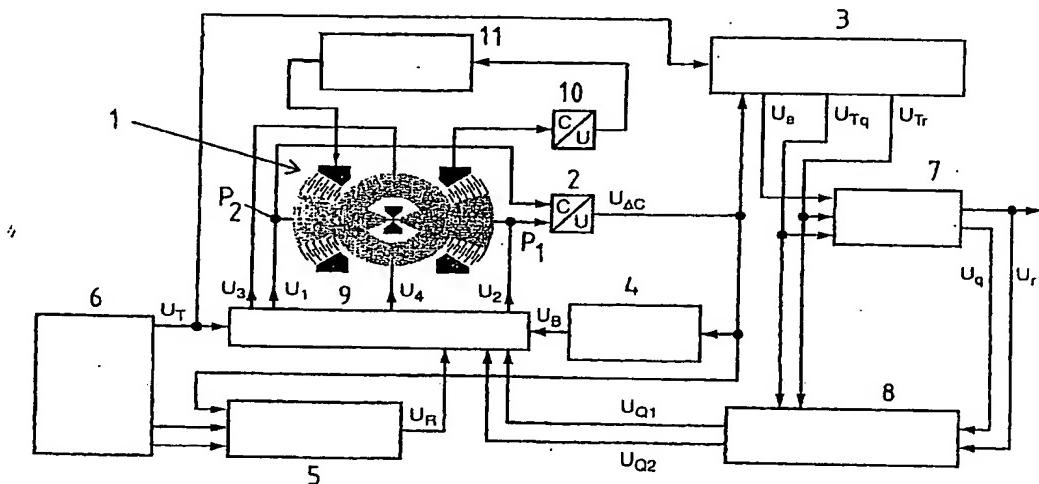
**Veröffentlicht:**

- *Mit internationalem Recherchenbericht.*
- *Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.*

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR BIAS POTENTIAL GENERATION FOR AN OSCILLATING ROTATION SPEED SENSOR

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR VORSPANNUNGSERZEUGUNG FÜR EINEN SCHWINGENDEN DREHRATESENSOR



(57) Abstract: The invention relates to a device for generating bias potentials for electrodes pertaining to a rotation speed sensor. Evaluation of a rotation speed signal is performed and adaptive quadrature compensator control signals are generated which are converted by a bias potential generation device to a bias potential. Said bias potentials are supplied to an electrode device located below the seismic mass or masses of the rotation speed sensor(s). The sensor structure minimizes the quadrature output signal. According to another characteristic of the invention, the bias potentials generated by the bias potential generation device are modified depending on the output signal of a broadband circuit in such a way that the amplitude frequency characteristic of the detection movement has a desired band width.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/14831 A1



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung von Vorspannungen für die Elektroden eines Drehratensensors. Durch Auswertung eines Drehratensignals und eines Quadratursignals werden inter Verwendung eines adaptiven Quadraturkompensators Steuersignale erzeugt, die mittels einer Vorspannungserzeugungsanordnung in Vorspannungen umgesetzt werden, die den Elektroden einer unterhalb der seismischen Masse oder Massen des Drehratensensors angeordneten Elektrodenvorrichtung zugeführt werden. Dadurch kann die Sensorstruktur derart geneigt werden, dass das am Ausgang auftretende Quadratursignal minimiert ist. Gemäss einer weiteren Eigenschaft der Erfindung werden die mittels der Vorspannungserzeugungsanordnung erzeugten Vorspannungen in Abhängigkeit vom Ausgangssignal einer Bandbreiteinstellungsschaltung derart modifiziert, dass der Amplitudenfrequenzgang der Detektionsbewegung eine gewünschte Bandbreite aufweist.

5

10

Vorrichtung zur Vorspannungserzeugung für einen schwingenden Drehratensensor

Stand der Technik

15

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zur Vorspannungserzeugung für einen rotatorisch oder linear schwingenden Drehratensensor mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Merkmalen.

20

Drehratensensoren, die den Corioliseffekt ausnutzen, sind im Zusammenhang mit Systemen zur Fahrzeugdynamikregelung bei Kraftfahrzeugen bekannt und werden von der Anmelderin als mikromechanische Drehratensensoren am Markt angeboten.

Ein Drehratensensor weist eine oder mehrere seismische Massen auf, die durch eine in einer elektronischen Schaltung erzeugte Spannung zu mechanischen Schwingungen angeregt werden. Diese wirken auf einen oder mehrere Beschleunigungssensoren, die bei einer Drehung des Systems die auf die schwingenden Massen wirkende Coriolis-Beschleunigung messen. Aus den Anregungs- und Beschleunigungssignalen kann mit Hilfe einer Auswerteschaltung die Drehrate des Systems bestimmt werden.

Ein zusätzliches elektrisches Testsignal, das auf den oder die Beschleunigungssensoren gegeben wird, kann dazu dienen,

eine zusätzliche, willkürlich erzeugte Beschleunigung auf den Sensor wirken zu lassen. Damit können beispielsweise Informationen über die Eigenschaften des Beschleunigungssensors und der nachgeschalteten Auswerteschaltung gewonnen werden. Es ist somit auch möglich, Fehler, insbesondere systematische Fehler, zu erkennen. Dies ist besonders wichtig, da den Corioliseffekt auswertende Drehratensensoren systematische Fehler aufweisen, deren Auswirkungen auf das Meßsignal durch geeignete Wahl der Auswertemethoden minimiert werden müssen.

In der DE 199 10 415 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Abstimmen eines ersten Oszillators mit einem zweiten Oszillator beschrieben. Dabei werden zwei symmetrisch zu der Schwingung des zweiten Oszillators frequenz- und phasenverschobene Signale dazu verwendet, das Antwortverhalten des ersten Oszillators zu bestimmen. In Abhängigkeit der Differenz der Antwortverhalten wird eine Abstimmung des ersten Oszillators mit Bezug auf den zweiten Oszillator durchgeführt. Zur Amplitudenkorrektur erfolgt eine Quotientenbildung aus dem Ausgangssignal und der Summe der Antwortverhalten. Dieses Verfahren und die Vorrichtung können insbesondere in einem Drehratensor zum Einsatz kommen. Sie stellen sicher, daß die Auswertebedingungen für die Corioliskraft stabil sind. Auch Temperaturveränderungen und Alterungseffekte können automatisch nachgeregelt werden, wobei mittels des Regelkreises die Schwingungen beider Oszillatoren aufeinander abgestimmt werden. Das bekannte Verfahren macht es nicht mehr nötig, den Detektionsmodus möglichst weit von der Oszillatorkreisfrequenz zu entfernen.

Aus der DE-A-196 53 021 ist eine Vorrichtung zur Ermittlung einer Drehrate mit einem Drehratensor bekannt, die unter anderem ein Maß für die Coriolis-Beschleunigung und damit auch für die Drehrate ist. Die Ausgangssignale des

Drehratensensors sind pulsweitenmodulierte oder Sigma-Delta-Signale. Diese werden einer digitalen Auswerteschaltung zugeführt, welche einen Subtrahierer, einen Multiplizierer und einen Phasenschieber aufweist. Letzterem wird das Trägersignal zugeführt, das den Drehratensor zu Schwingungen anregt, wobei der digitale Phasenschieber das Trägersignal in Phase mit den Coriolis-Beschleunigungsanteilen bringt und wobei das zugehörige Signal dem Multiplizierer zugeführt wird. Dessen Ausgangssignal wird über einen D/A-Wandler und einen Tiefpaß dem Ausgang zugeführt, an welchem das gewünschte Drehratensignal zur Verfügung steht.

#### Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Vorspannungserzeugung für einen rotatorisch oder linear schwingenden Drehratensor führt zu dem Vorteil, daß ein Auftreten eines Quadratursignals, welches die Drehratensignalermittlung negativ beeinflussen könnte, durch eine Erzeugung geeigneter Vorspannungssignale für die Elektrodenanordnung vermieden oder zumindest minimiert wird. Aufgrund dieser Vorspannungssignale treten auf den Drehratensor, der beispielsweise scheibenförmig aufgebaut ist, einwirkende elektrostatische Kräfte auf. Mittels dieser wird der Drehratensor so geneigt, daß das Quadratursignal minimiert ist. Um den Drehratensor in eine gewünschte Richtung zu neigen, genügt es, Potentialdifferenzen zwischen den Detektionselektroden vorzugeben. Dies kann durch eine Vorgabe zweier Ausgangssignale  $U_{Q1}$  und  $U_{Q2}$  aus dem Quadraturkompensator erfolgen, wobei diese Ausgangssignale die auf die Elektroden gegebenen Vorspannungen beeinflussen. Vorzugsweise werden zur Kompensation des Quadratursignals beim rotatorischen Drehratensor vier und beim linearen Drehratensor mindestens 2 unter der

Sensorstruktur angeordnete Elektroden mit geeigneten Vorspannungen beaufschlagt.

Weitere Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung bestehen  
5 in einer Verbesserung der Meßauflösung und - da die Quadraturkomponente in adaptiver Weise unterdrückt wird - darin, daß Alterungs- und Temperaturabhängigkeit sowie die Notwendigkeit eines Abgleichs vermieden werden.

10 Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus in den abhängigen Ansprüchen angegebenen Merkmalen.

#### Zeichnung

15 Die Erfindung wird anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

20 Figur 1 eine Skizze zur Erläuterung des Prinzips eines rotatorisch schwingenden Drehratensensors,

Figur 2 eine Skizze zur Veranschaulichung der Elektrodenstruktur unter der seismischen Masse,

25 Figur 3 ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Vorspannungserzeugung für einen rotatorisch schwingenden Drehratensor und

30 Figur 4 ein Diagramm zur Veranschaulichung des Amplitudenfrequenzganges der Detektionsbewegung.

#### Beschreibung

Die Figur 1 zeigt eine Skizze zur Erläuterung des Prinzips  
35 eines rotatorisch schwingenden Drehratensensors. Eine scheibenförmige Struktur wird in eine rotatorisch

- vibrierende Schwingung um die zur Chipoberfläche senkrechte Achse z versetzt. Aufgrund des Drehimpulserhaltungssatzes reagiert diese Struktur auf eine von außen aufgebrachte Drehgeschwindigkeit (Drehrate) um die Achse y mit einem
- 5 Drehmoment, das die scheibenförmige Struktur um eine Achse x senkrecht zur Antriebbewegungsachse z und senkrecht zur Drehratenachse y verkippt. Diese Detektionsbewegung um die Achse x wird mit Hilfe von Elektroden, die sich unterhalb der Struktur auf dem Substrat befinden, elektrostatisch
- 10 über Kapazitätsänderungen detektiert. Diese Anordnung geht aus der Figur 2 hervor, welche eine Skizze zur Veranschaulichung der Elektrodenstruktur E unter der seismischen Masse M des Sensors zeigt.
- 15 Das erhaltene Meßsignal wird einem Kapazitäts-Spannungs-Wandler zugeführt, an dem ein Signal auftritt, das der Drehgeschwindigkeit der Antriebsbewegung multipliziert mit der zu messenden Drehrate entspricht. Nachrichtentechnisch betrachtet handelt es sich um ein zweiseiten-
- 20 bandamplitudenmoduliertes Signal ohne Träger. Mittels einer nachfolgenden Signalverarbeitung erhält man durch eine Synchrondemodulation und eine Tiefpaßfilterung das gewünschte Drehratensignal.
- 25 Bei realen Drehratensensoren tritt an den Detektionskapazitäten jedoch nicht nur das genannte drehratenproportionale Signal auf, das einer Anregung der Detektionsbewegung in Phase mit der Drehgeschwindigkeit der Antriebsbewegung entspricht, sondern auch ein Signal, das die De-
- 30 tektionsbewegung in Phase mit der Amplitude bzw. der Beschleunigung der Antriebsbewegung anregt. Es handelt sich dabei um ein Störsignal, das unabhängig von der zu messenden Drehrate vorhanden ist und das geeignet ist, die Drehratensignalauswertung negativ zu beeinflussen. So
- 35 verschlechtert es beispielsweise die erreichbare Meßauflösung. Dieses Störsignal ist zum Meßsignal um 90° pha-

senverschoben. Es steht also im elektrischen Zeigerdiagramm senkrecht auf dem Meßsignal und wird daher als Quadratursignal bezeichnet.

- 5 Die Gründe für das Auftreten eines Quadratursignals sind im wesentlichen Imperfektionen, die bei der Fertigung des mikromechanischen Sensorelements auftreten.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird das genannte Quadratursignal bereits in der Sensormechanik kompensiert.  
10 Dazu werden unter Verwendung eines digitalen adaptiven Algorithmus in geeigneter Weise elektrostatische Kräfte auf die scheibenförmige Sensorstruktur ausgeübt, so daß ein Quadratursignal erst gar nicht auftritt bzw. es zumindest  
15 minimiert wird. Dadurch werden in vorteilhafter Weise auch die angesprochenen unerwünschten Einflüsse des Quadratursignals auf die Signalauswertung vermieden.

Mittels dieser Signalauswertung wird das amplitudenmodulierte, drehratenproportionale Signal, das aus dem Kapazitäts-Spannungs-Wandler kommt, aus diversen Störsignalen herausgefiltert. Störsignale können beispielsweise Rauschen der Mechanik und der Elektronik sein, können aber auch durch Störbeschleunigungen verursacht werden. Aus diesen  
25 Gründen und aus Gründen der Empfindlichkeitssteigerung ist es vorteilhaft, bei der Detektionsbewegung die Resonanz der mechanischen Struktur um die Detektionsachse auszunutzen.

Bei mechanischen Strukturen wie dem DRS-MM2 der Anmelderin  
30 liegen aber die Antriebsresonanz und die Detektionsresonanz nicht notwendigerweise aufeinander und streuen außerdem mit den Fertigungstoleranzen. Daher benötigt man eine Detektionsresonanzregelung, die die Detektionsresonanzfrequenz auf die Antriebsresonanzfrequenz zwingt. Ein  
35 derartiger Resonanzregler ist in der bereits oben erwähnten DE 199 10 415 beschrieben.

- Ein Problem, das dabei auftritt, ist die Bandbreite der Resonanzüberhöhung der Detektionsbewegung. Bei Strukturen wie dem DRS-MM2 beträgt diese Bandbreite aufgrund der entsprechenden Güte der Detektionsresonanz nur einige Hz.
- Damit würde sich eine Bandbreite der gesamten Drehratenmessung von ebenfalls einigen Hz ergeben. Das wäre viel zu wenig, verglichen mit den 50 bis 100 Hz, die in den Spezifikationen üblicherweise gefordert werden. Man könnte zwar den Gasdruck erhöhen, der die Struktur umgibt und damit die Resonanz soweit dämpfen, bis die Resonanzüberhöhung eine passende Bandbreite besitzt. Man würde damit aber gleichzeitig das mechanische Rauschen vergrößern und die Antriebsresonanz bedämpfen, so daß man eine geringere Meßauflösung und höhere erforderliche Antriebsspannungen hätte. Gleichzeitig würde man die Temperaturabhängigkeit der Meßempfindlichkeit vergrößern. Alle diese Auswirkungen sind höchst unerwünscht.
- Den gleichen Effekt einer passenden Bedämpfung der Detektionsresonanz kann man aber auch mittels einer elektronischen Bandbreiteneinstellung erzielen. Gleichzeitig ergeben sich dadurch auch Vorteile bezüglich der Temperaturabhängigkeit der Resonanzüberhöhung der Detektionsbewegung und damit der Sensorempfindlichkeit.

Die Figur 3 zeigt ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Vorspannungserzeugung für einen rotatorisch schwingenden Drehratensensor, die sinngemäß auch bei einem linear schwingenden Drehratensensor anwendbar ist.

Die vom Drehratensensor 1 erzeugten, an den Schaltungspunkten  $P_1$  und  $P_2$  anliegenden Meßsignale, welche vorzugsweise Kapazitätsmeßsignale sind, werden einem Kapazitäts-Spannungs-Wandler 2 zugeführt. Dieser stellt an seinem Ausgang ein Signal  $U_{\Delta c}$  zur Verfügung, welches der Drehge-

schwindigkeit der Antriebsbewegung multipliziert mit der zu messenden Drehrate entspricht.

Dieses wird einem adaptiven Phasenkompenator 3, einer  
5 Bandbreiteneinstellungsschaltung 4 und einem Resonanzregler  
5 zugeführt.

Der adaptive Phasenkompenator 3 hat die Aufgabe, das in  
einem Testsignalgenerator 6 erzeugte Signal  $U_T$ , das den  
10 Drehratensor zu Schwingungen anregt, in Phase mit den im Ausgangssignal des Kapazitäts-Spannungs-Wandlers 2 enthaltenen Coriolis-Beschleunigungsanteilen zu bringen.  
Dies kann beispielsweise so geschehen, wie es in der bereits oben genannten Patentanmeldung 196 53 021 der An-  
15 melderin beschrieben ist. Das Ausgangssignal  $U_e$  des Phasenkompenators 3, welches nach dem LMS (least-mean-square)-Algorithmus ermittelt wird, wird dem Synchroden- modulator 7 zugeführt. Dieser erhält weiterhin Demodula-  
tionsträgersignale  $U_{Tq}$  und  $U_{Tr}$ , welche ebenfalls im adap-  
20 tiven Phasenkompenator durch Auswertung des Signals  $U_T$  des Testsignalgenerators 6 und des Ausgangssignals  $U_{Ac}$  des Kapazitäts-Spannungs-Wandlers 2 erhalten werden.

Im Synchrodenmodulator 7 erfolgt durch Multiplikation und  
25 anschließende Tiefpaßfilterung aus dem Signal  $U_e$  und den Demodulationsträgern  $U_{Tq}$  und  $U_{Tr}$  eine Ermittlung des gewünschten Drehratensignals  $U_r$  und eines Quadratursignals  $U_q$ .

30 Aus dem Drehratensignal  $U_r$  und dem Quadratursignal  $U_q$  werden mittels des adaptiven Quadraturkompenators 8, welchem weiterhin die im adaptiven Phasenkompenator 3 ermittelten Demodulationsträgersignale  $U_{Tq}$  und  $U_{Tr}$  zugeführt werden, Steuersignale  $U_{Q1}$  und  $U_{Q2}$  ermittelt, die der  
35 Vorspannungserzeugungsanordnung 9 zugeleitet werden. Diese Steuersignale  $U_{Q1}$  und  $U_{Q2}$  werden im Sinne eines digitalen

adaptiven Algorithmus zum Beaufschlagen der Detektionselektroden des Drehratensensors mit Gleichspannungspegeln verwendet. Diese werden durch den adaptiven Algorithmus solange verändert, bis das entstehende Quadratursignal  $U_q$  minimal wird bzw. völlig verschwindet. Hierzu können verschiedene Algorithmen eingesetzt werden, beispielsweise der Optimierungsalgorithmus nach der Methode des steilsten Abstiegs.

- 10 Bei dieser Methode werden kleine Spannungsänderungen abwechselnd über  $U_{Q1}$  und  $U_{Q2}$  auf die Elektroden gegeben und die Reaktion des Quadratursignals darauf ausgewertet. Sinkt die Quadratur, so werden weiter gleichartige Spannungsänderungen auf die Ausgangssignale gegeben. Steigt die  
15 Quadratur, werden Spannungsänderungen entgegengesetzter Polarität verwendet. Gleichzeitig wird die Größe der Spannungsänderung gemäß dem Betrag der verbleibenden Quadratur angepaßt. Auf diese Art gelangt man zu einem Minimum der Quadratur, im Idealfall verschwindet sie ganz.

- 20 Der Vorspannungserzeugungsanordnung 9 werden außer den bereits genannten Steuerspannungen  $U_{Q1}$  und  $U_{Q2}$  weitere Eingangssignale  $U_T$ ,  $U_R$  und  $U_B$  zugeführt.  
25 Das Signal  $U_T$  wird im Testsignalgenerator 6 generiert. Dieser verwendet beispielsweise eine Frequenz  $f_t$ , die 100 Hz beträgt, und erzeugt daraus ein Testsignal  $U_T$  mit Frequenzkomponenten bei  $f_s + f_t$  und  $f_s - f_t$ , wobei  $f_s$  die Eigenfrequenz eines Schwingkörpers beschreibt. Dieses Testsignal gelangt über die Vorspannungserzeugungsanordnung 9 an den Drehratensor 1 und auch direkt – wie bereits oben ausgeführt wurde – an den adaptiven Phasenkompensator 3. Weiterhin wird das Signal  $U_T$  auch in Form seiner Einzelkomponenten dem Resonanzregler 5 zugeführt.

Der Resonanzregler 5 ermittelt unter Verwendung dieser Einzelkomponenten des Signals  $U_T$  und des Ausgangssignals  $U_{\Delta c}$  des Kapazitäts-Spannungs-Wandlers 2 eine Steuerspannung  $U_R$ , die am Ausgang des Resonanzreglers 5 zur Verfügung gestellt 5 und der Vorspannungserzeugungsanordnung 9 zugeführt wird.

Ein Beispiel für einen derartigen Resonanzregler ist der bereits oben genannten DE 199 10 415 der Anmelderin entnehmbar. Die ermittelte Steuerspannung  $U_R$  wird allen vier 10 Elektroden als gemeinsame Vorspannung zugeführt. Dadurch wird die effektive Federsteifigkeit der Detektionsbewegung des Sensorelementes so weit verringert, bis die Arbeitsfrequenz des Sensorelementes und die Resonanzfrequenz der Detektionsbewegung übereinstimmen. Die Verwendung eines 15 derartigen Resonanzreglers hat den Vorteil, daß es nicht mehr notwendig ist, den Detektionsmodus möglichst weit von der Oszillatorkreisfrequenz entfernt vorzusehen. Ein durch die Resonanzüberhöhung verursachter Amplitudenfehler tritt nicht mehr auf, da der eingeschwungene Zustand durch 20 permanente Resonanzregelung stabil beibehalten wird.

Das Signal  $U_B$  wird in der Bandbreiteneinstellungsschaltung 4 erzeugt, welcher eingangsseitig das Ausgangssignal  $U_{\Delta c}$  des Kapazitäts-Spannungs-Wandlers 2 zugeführt wird. 25 Folglich wird zur elektronischen Bandbreiteneinstellung der Detektionsbewegung des Sensorelementes eine geeignete Gegenkopplung des Signals  $U_{\Delta c}$  über den Ausgang der Bandbreiteneinstellung  $U_B$  und die Vorspannungserzeugung auf das Sensorelement durchgeführt. Dazu wird eine Art Lageregler 30 verwendet, der einen um  $90^\circ$  phasenverschobenen Anteil besitzt. Zu diesem Zweck kommen beispielsweise DT<sub>1</sub>-, PDT<sub>1</sub>- und PIDT<sub>1</sub>-Regler in Frage. Diese Regler werden aber nicht wie übliche Lageregler betrieben, weil diese die Übertragungsfunktion der Detektionsbewegung ungeeignet 35 verändern würden. Vielmehr plaziert man im Gegensatz zum sonst üblichen Lageregler den Regler im Rückwärtszweig der

Regelschleife und es wird nur eine ganz bestimmte, vergleichsweise kleine Kreisverstärkung eingestellt, die die Resonanzpole in der s-Ebene gerade soweit von der imaginären Achse entfernen, daß sich die gewünschte Bandbreite der Resonanz der Detektionsbewegung ergibt.

Die Figur 4 zeigt den Amplitudenfrequenzgang der Detektionsbewegung ohne (--) und mit (-) Bandbreiteneinstellung. Der Amplitudengang ist auf die Verstärkung bei der Frequenz 10 0 bezogen. Das Lehrsche Dämpfungsmaß der Detektionsbewegung ist zu  $D = 0,01$  angenommen, die Arbeitsfrequenz ist beispielsweise 2 KHz. Es wurde ein  $DT_1$ -Regler eingesetzt. Um so größer die ursprüngliche Güte der Detektionsresonanz des Sensorelementes ist, desto unabhängiger wird die verbleibende Güte des Sensorelementes mit Bandbreiteneinstellung und damit die Bandbreite und die Meßempfindlichkeit des Gesamtsensors von Veränderungen der ursprünglichen Güte des Sensorelementes durch Temperatur, Alterung und Gasdruck.

20 Weitere Vorteile einer derartigen elektronischen Bandbreiteneinstellung bestehen darin, daß Schwankungen der Güte der Detektionsbewegung des Sensorelementes durch Fertigungstoleranzen, Alterung und Temperatur gedämpft werden. Ferner ist eine derartige elektronische Bandbreiteneinstellung einfacher realisierbar als eine mechanische Güteeinstellung, beispielsweise über den Gasdruck. Auch ist die Temperaturabhängigkeit der Meßempfindlichkeit des Gesamtsensors stark herabgesetzt.

25 30 Die Vorspannungserzeugungsschaltung 9 erzeugt unter Verwendung der ihr zugeführten Signale vier Vorspannungen  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  und  $U_4$  für die unterhalb der seismischen Masse des Drehratensensors angeordneten vier Elektroden. Dies geschieht nach den folgenden Beziehungen:

$$\begin{aligned}U_1 &= U_B + U_{Q1} + U_T + U_R \\U_2 &= - U_B - U_{Q1} - U_T + U_R \\U_3 &= U_{Q2} + U_R \\U_4 &= - U_{Q2} + U_R.\end{aligned}$$

5

Auch ein BITE-Signal kann an dieser Stelle eingespeist werden. Linear schwingende Drehratensensoren, die nur 2 Elektroden verwenden, benutzen nur die Spannungen  $U_1$  und  $U_2$ .

10

Mittels der Amplitudenstabilisierungsschaltung 11, der über einen Kapazitäts-Spannungs-Wandler 10 ein vom Drehratensor 1 abgeleitetes Eingangssignal zugeführt wird, wird ein Ausgangssignal erzeugt, aufgrund dessen der Sensor 15 in eine Drehschwingung mit konstanter Amplitude um die aus der obigen Figur 1 ersichtliche z-Achse versetzt wird. Die Erzeugung dieses Ausgangssignals erfolgt mittels einer Schwingschaltung mit Amplitudenregelung. Dies führt dazu, daß das Sensorelement mit seiner Eigenfrequenz  $f_s$  um die z-Achse schwingt.

25

30

**10 Ansprüche**

1. Vorrichtung zur Vorspannungserzeugung für einen rotatorisch oder linear schwingenden Drehratensor, welcher ausgangsseitig mindestens ein Meßsignal zur Verfügung stellt, aus welchem mittels einer an den Drehratensor angeschlossenen Auswerteschaltung ein Drehratensignal ermittelt wird, und welcher eine Elektrodenanordnung mit mindestens zwei Elektroden aufweist, die mit einer Vorspannungserzeugungsanordnung verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen adaptiven Quadraturkompensator (8) aufweist, der eingangsseitig mit der Auswerteschaltung (2, 3, 7) und ausgangsseitig mit der Vorspannungserzeugungsanordnung (9) verbunden ist.
- 25 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßsignal ein Kapazitätsmeßsignal ist und die Auswerteschaltung einen Kapazitäts-/Spannungs-Wandler (2) aufweist.
- 30 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteschaltung einen adaptiven Phasenkompensator (3) und einen Synchrondemodulator (7) aufweist.
- 35 4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der adaptive Pha-

senkompensator (3) Ausgänge für ein phasenverschobenes Meßsignal ( $U_e$ ) und Demodulationsträgersignale ( $U_{Tq}$ ,  $U_{Tr}$ ) aufweist.

- 5 5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Demodulationsträgersignale dem adaptiven Quadraturkompensator (8) zugeführt werden.
- 10 6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Synchrongendemodulator (7) Eingangsanschlüsse für die Ausgangssignale des adaptiven Phasenkompensators (3) sowie zwei Ausgänge aufweist, wobei am ersten dieser Ausgänge das Drehratensignal ( $U_r$ ) und am zweiten dieser Ausgänge ein Quadratursignal ( $U_q$ ) abgreifbar ist.
- 15 7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der adaptive Quadraturkompensator (8) einen Eingang für das Drehratensignal ( $U_r$ ) und einen Eingang für das Quadratursignal ( $U_q$ ) aufweist.
- 20 8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der adaptive Quadraturkompensator (8) aus seinen Eingangssignalen mittels eines digitalen, adaptiven Algorithmus mindestens zwei Steuersignale ( $U_{Q1}$ ,  $U_{Q2}$ ) für die Vorspannungserzeugungsanordnung (9) generiert.
- 25 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der adaptive Quadraturkompensator (8) mindestens zwei Ausgänge aufweist, an denen er unterschiedliche Steuersignale ( $U_{Q1}$ ,  $U_{Q2}$ ) für die Vorspannungserzeugungsanordnung (9) zur Verfügung stellt.
- 30 10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Resonanzregler (5) aufweist, der ausgangsseitig mit der Vorspan-

nungserzeugungsanordnung (9) verbunden ist und zur Erzeugung eines Resonanzregelsignals ( $U_R$ ) dient.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
5 dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal  
des Kapazitäts-Spannungs-Wandlers (2) einer Bandbreiten-  
einstellungsschaltung (4) zugeführt wird, die ausgangs-  
seitig mit der Vorspannungserzeugungsanordnung (9) ver-  
bunden ist und zur Erzeugung eines Bandbreiteneinstellungs-  
10 Steuersignals ( $U_B$ ) vorgesehen ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die Bandbreiteneinstellungsschaltung (4)  
einen Lageregler mit einem um  $90^\circ$  phasenverschobenen Anteil  
15 aufweist, der im Rückwärtszweig einer Regelschleife  
angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die Kreisverstärkung des Lagereglers  
20 derart eingestellt ist, daß eine vorgegebene Bandbreite  
bzw. Güte der Resonanz der Detektionsbewegung erzielt wird.

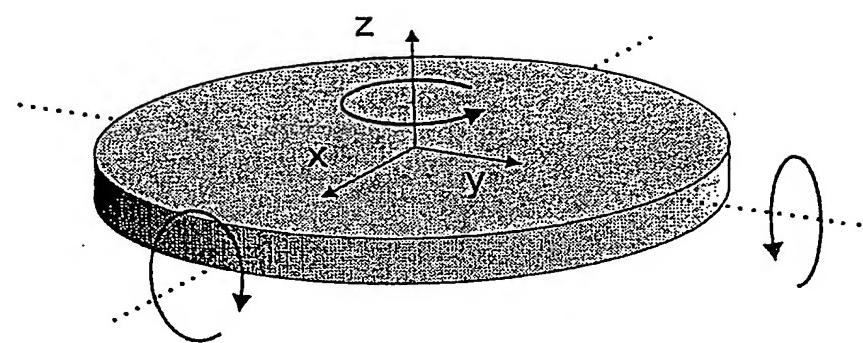
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die Elektrodenanordnung zwei bzw. vier  
25 Elektroden aufweist und die Vorspannungserzeugungsanordnung  
Vorspannungen für die Elektroden nach folgenden Beziehungen  
erzeugt:

$$\begin{aligned} U_1 &= U_B + U_{Q1} + U_T + U_R \\ U_2 &= - U_B - U_{Q1} - U_T + U_R \\ 30 \quad U_3 &= U_{Q2} + U_R \\ U_4 &= - U_{Q2} + U_R, \end{aligned}$$

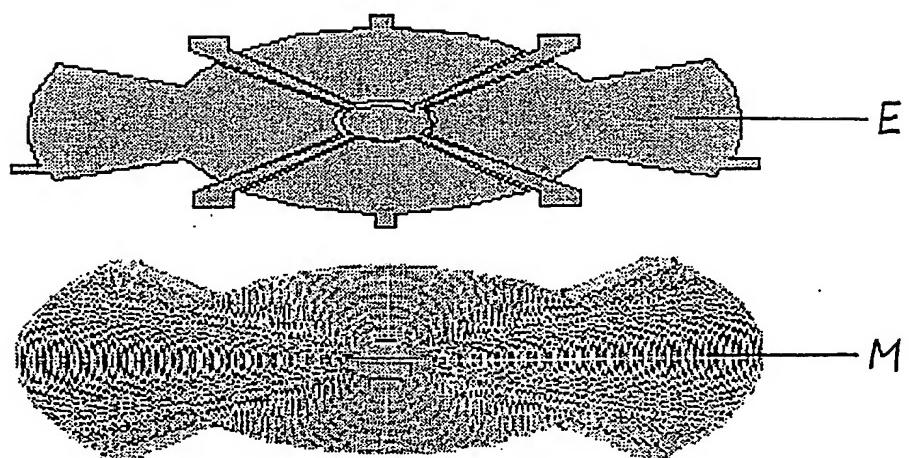
wobei im Fall von zwei Elektroden die Spannungen  $U_1$   
und  $U_2$  verwendet werden und

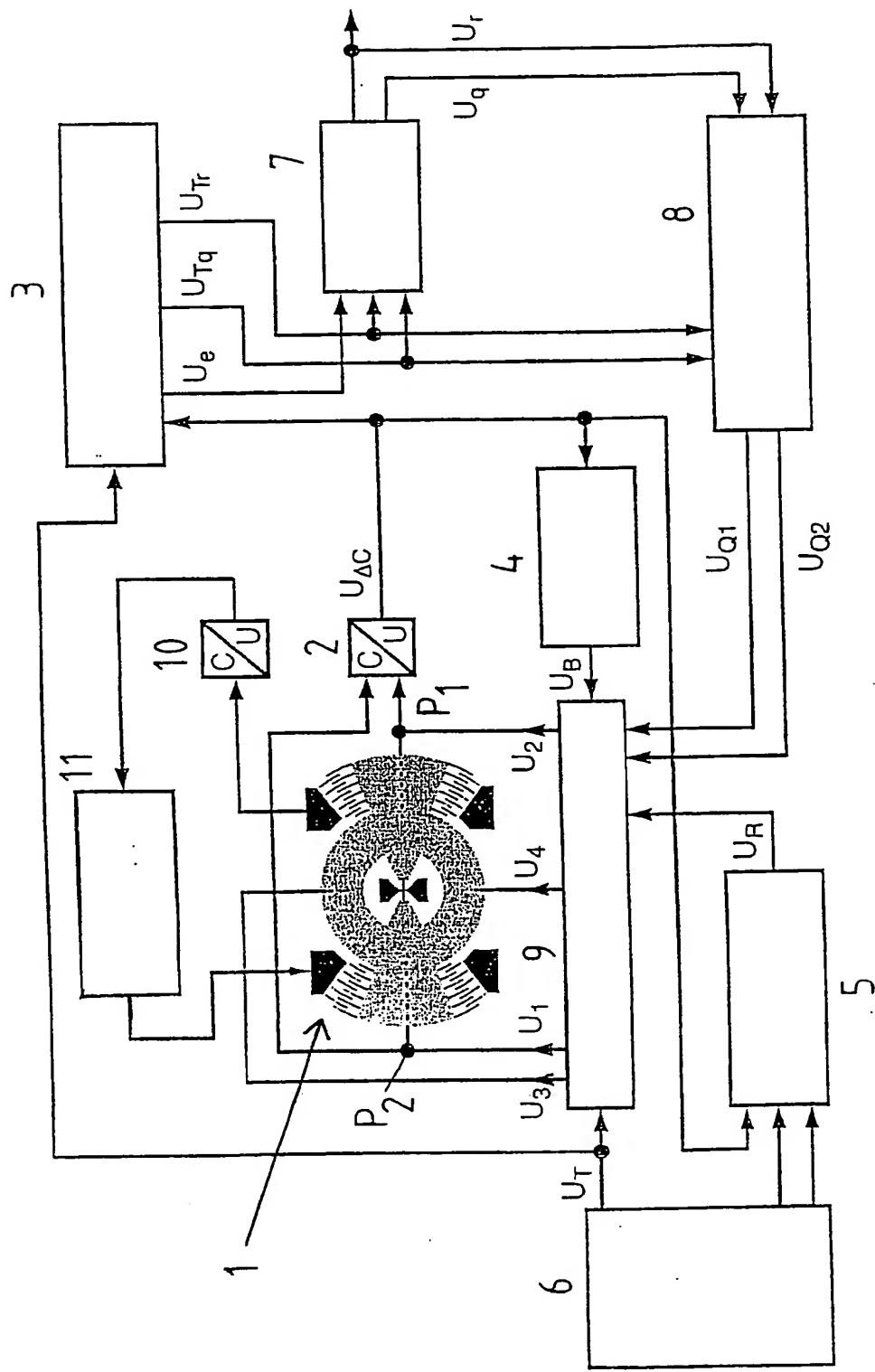
wobei  $U_T$  ein mittels eines Testgenerators (6) erzeugtes Testsignal,  $U_R$  das Ausgangssignal des Resonanzreglers (5),  $U_B$  das Ausgangssignal der Bandbreiteneinstellungsschaltung (4) und  $U_{Q1}$  und  $U_{Q2}$  die Ausgangssignale des adaptiven Quadraturkompensators (8) sind.

FIGUR 1



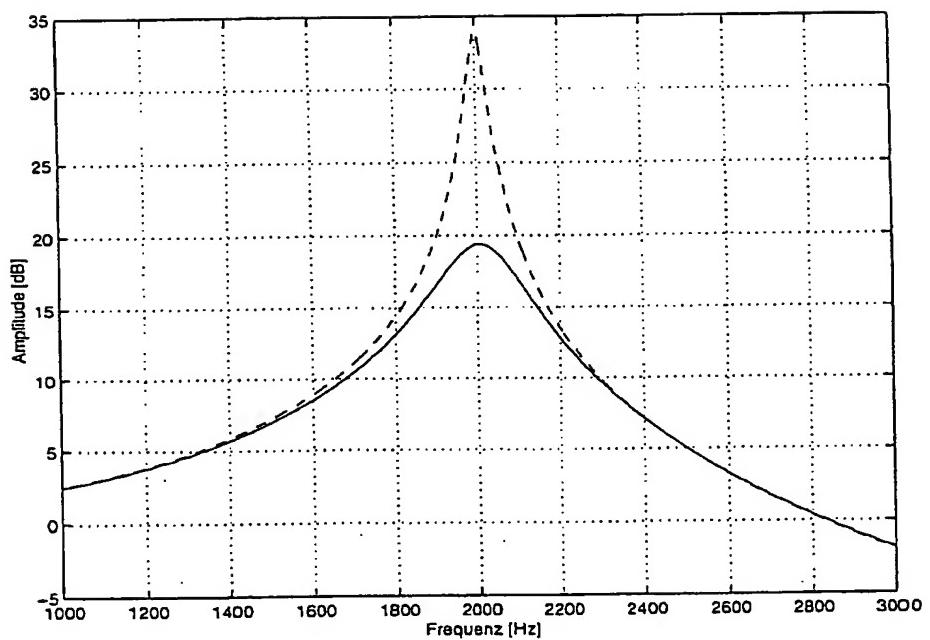
FIGUR 2





FIGUR 3

FIGUR 4



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte... nai Application No  
PCT/DE 00/02829

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 G01C19/56

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 481 914 A (WARD PAUL) 9 January 1996 (1996-01-09) column 5, line 10 -column 8, line 54 column 14, line 21 -column 16, line 59; figures 2,5,6,12 ---	1-3
X	US 4 951 508 A (LOPER JR EDWARD J ET AL) 28 August 1990 (1990-08-28) column 5, line 67 -column 7, line 51 column 9, line 55 - line 61; figures 8,9D,9E ---	1,3
X	EP 0 298 651 A (THORN EMI ELECTRONICS LTD) 11 January 1989 (1989-01-11) column 3, line 29 -column 4, line 27; figure 3 ---	1,3 -/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 January 2001

Date of mailing of the international search report

02/02/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Springer, O

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Interr	nal Application No
PCT/DE 00/02829	

**C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 796 002 A (LAYTON MICHAEL R) 18 August 1998 (1998-08-18) column 4, line 3 -column 9, line 17; figures 2,4,5 ----	1
A	US 5 691 472 A (PETRI FRED J) 25 November 1997 (1997-11-25) column 4, line 65 -column 8, line 57; figures 11,12 ----	1,3
A	WO 97 45699 A (UNIV CALIFORNIA) 4 December 1997 (1997-12-04) page 14, line 10 -page 15, line 6 page 18, line 11 -page 23, line 25 page 29, line 13 -page 45, line 20; figures 2,7A-C,9,13,14,15,17A -----	1-3

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/02829

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 5481914	A	09-01-1996		US 5703292 A US 5600064 A US 5672949 A US 5604309 A US 5608351 A		30-12-1997 04-02-1997 30-09-1997 18-02-1997 04-03-1997
US 4951508	A	28-08-1990		CA 1250458 A DE 3472159 D EP 0141621 A JP 1808273 C JP 5018044 B JP 60166818 A		28-02-1989 21-07-1988 15-05-1985 10-12-1993 10-03-1993 30-08-1985
EP 0298651	A	11-01-1989		JP 1031015 A JP 2644833 B US 4898032 A		01-02-1989 25-08-1997 06-02-1990
US 5796002	A	18-08-1998		US 6003373 A		21-12-1999
US 5691472	A	25-11-1997		GB 2301670 A, B		11-12-1996
WO 9745699	A	04-12-1997		US 5992233 A AU 3474497 A EP 0902876 A US 6067858 A		30-11-1999 05-01-1998 24-03-1999 30-05-2000

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02829

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 G01C19/56

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G01C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 481 914 A (WARD PAUL) 9. Januar 1996 (1996-01-09) Spalte 5, Zeile 10 - Spalte 8, Zeile 54 Spalte 14, Zeile 21 - Spalte 16, Zeile 59; Abbildungen 2,5,6,12 ---	1-3
X	US 4 951 508 A (LOPER JR EDWARD J ET AL) 28. August 1990 (1990-08-28) Spalte 5, Zeile 67 - Spalte 7, Zeile 51 Spalte 9, Zeile 55 - Zeile 61; Abbildungen 8,9D,9E ---	1,3
X	EP 0 298 651 A (THORN EMI ELECTRONICS LTD) 11. Januar 1989 (1989-01-11) Spalte 3; Zeile 29 - Spalte 4, Zeile 27; Abbildung 3 ---	1,3 -/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19. Januar 2001

02/02/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Springer, O

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE 00/02829

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 796 002 A (LAYTON MICHAEL R) 18. August 1998 (1998-08-18) Spalte 4, Zeile 3 -Spalte 9, Zeile 17; Abbildungen 2,4,5 ----	1
A	US 5 691 472 A (PETRI FRED J) 25. November 1997 (1997-11-25) Spalte 4, Zeile 65 -Spalte 8, Zeile 57; Abbildungen 11,12 ----	1,3
A	WO 97 45699 A (UNIV CALIFORNIA) 4. Dezember 1997 (1997-12-04) Seite 14, Zeile 10 -Seite 15, Zeile 6 Seite 18, Zeile 11 -Seite 23, Zeile 25 Seite 29, Zeile 13 -Seite 45, Zeile 20; Abbildungen 2,7A-C,9,13,14,15,17A -----	1-3

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

 Internales Aktenzeichen  
**PCT/DE 00/02829**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5481914 A	09-01-1996	US	5703292 A	30-12-1997
		US	5600064 A	04-02-1997
		US	5672949 A	30-09-1997
		US	5604309 A	18-02-1997
		US	5608351 A	04-03-1997
US 4951508 A	28-08-1990	CA	1250458 A	28-02-1989
		DE	3472159 D	21-07-1988
		EP	0141621 A	15-05-1985
		JP	1808273 C	10-12-1993
		JP	5018044 B	10-03-1993
		JP	60166818 A	30-08-1985
EP 0298651 A	11-01-1989	JP	1031015 A	01-02-1989
		JP	2644833 B	25-08-1997
		US	4898032 A	06-02-1990
US 5796002 A	18-08-1998	US	6003373 A	21-12-1999
US 5691472 A	25-11-1997	GB	2301670 A,B	11-12-1996
WO 9745699 A	04-12-1997	US	5992233 A	30-11-1999
		AU	3474497 A	05-01-1998
		EP	0902876 A	24-03-1999
		US	6067858 A	30-05-2000